



# **Ocena wpływu dodatków wzbogacających kompostowaną korę sosnową na liczebność bakterii i grzybów oraz ich aktywność enzymatyczną**

*Justyna Starzyk, Monika Jakubus, Dorota Swędrzyńska*  
*Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań*

## **1. Wstęp**

W ostatnich latach obserwuje się w Polsce wyraźny wzrost zainteresowania możliwością włączenia do nawożenia organicznego różnego rodzaju mas odpadowych pochodzenia biologicznego, głównie roślinnego. Racjonalne zagospodarowanie odpadów w Polsce staje się jednym z najważniejszych problemów społecznych, ekologicznych i ekonomicznych.

Opierając się na obowiązującym w Polsce katalogu odpadów ujętym w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. odpady, w zależności od źródła ich powstawania, dzieli się na 20 grup. Wśród nich dużo miejsca poświęca się grupom odpadów organicznych nadających się do przetworzenia, m.in. odpadom z rolnictwa, sadownictwa, leśnictwa oraz odpadom z przetwórstwa drewna.

Optymalnym sposobem zagospodarowania odpadów jest kompostowanie. Jest to proces ciągły, polegający na rozkładzie substancji organicznej poddanej procesom biochemicznym oraz działaniu mikroorganizmów, często określane jako suma procesów mikrobiologicznych, związanych z tworzeniem humusu. Oprócz humusu, drobnoustroje produkują duże ilości dwutlenku węgla oraz energii cieplnej, uwalnianej w przyrodzie kompostowej. W procesie mineralizacji materii organicznej powstający humus, obok swoistych substancji (kwasy fulwowe, kwasy huminowe i huminy), zawiera zwiększone ilości mineralnych związków azotu i fosforu. W czasie kompostowania tworzona jest także w znacznej ilości

biomasa mikroorganizmów, wchodząca w skład frakcji organicznej humusu. O znacznym potencjale nawozowym kompostów świadczą badania Gambusia i Wieczorka [8] oraz Czyżyka i in. [5], w których wykazano ich większą wartość nawozową w stosunku do obornika. Dodatek czy wykorzystanie odpadów ulegających biodegradacji do kompostowania przyczynia się do zwiększenia przewiewności kompostowanej masy, ułatwia uzyskanie optymalnej wilgotności w przedziale 50–60%, wzbogaca kompostowaną masę w dostępne dla mikroorganizmów źródło węgla, zapewnia optymalny stosunek C:N.

Doglebowemu stosowaniu kompostów przypisuje się szereg pozytywnych efektów wyrażonych wzrostem aktywności mikrobiologicznej gleby, zmianami we właściwościach fizycznych, fizykochemicznych i chemicznych gleb [7, 9, 11, 12, 23]. Cytowani autorzy, wśród licznych pozytywnych efektów stosowania doglebowego kompostów, szczególnie podkreślają poprawę porowatości i struktury gleby oraz stabilności agregatów glebowych, co w rezultacie ma swoje odzwierciedlenie w korzystnych warunkach wodno-powietrznych gleb. Ponadto, zdaniem powyżej przytoczonych autorów, użyźnianie gleby kompostem przyczynia się do zwiększenia jej pojemności buforowej i sorpcyjnej przy jednoczesnym zmniejszeniu zakwaszenia. Efektem rolniczego zastosowania kompostu jest wzrost żyzności gleby, wyrażony zwiększoną ilością węgla organicznego, azotu ogólnego oraz przyswajalnych makroskładników. Wśród właściwości chemicznych, podlegających zmianom w wyniku oddziaływania omawianego typu nawozu, szczególnie dużo miejsca poświęca się substancjom humusowym. Dodatni wpływ kompostu ujawnia się między innymi w poprawie składu związków próchnicznych, czego wyrazem jest wzrost ilości kwasów huminowych oraz stosunku  $C_{HA}/C_{FA}$  (stosunek ilości węgla kwasów huminowych do ilości węgla kwasów fulwowych).

Jednak problem zastosowania kompostu z odpadów organicznych nie leży tylko w obszarze oceny jego skuteczności jako nawozu, ale dotyczy też wątpliwości czy można go bezpiecznie stosować w rolnictwie ze względu na zawartość w nim metali ciężkich oraz obecności drobnoustrojów chorobotwórczych [19]. Na ogół komposty powstałe na bazie odpadów roślinnych zawierają małe ilości metali oraz dobre parametry sanitarne, co przyczynia się do ich szerokiego wykorzystania w praktyce na cele rolnicze czy rekultywacyjne.

Ze względu na zróżnicowane tempo przebiegu procesu kompostowania w przypadku różnych rodzajów odpadów roślinnych, wiele uwagi poświęca się optymalizacji przebiegu tego procesu, szczególnie w przypadku odpadów trudno podlegających biodegradacji, jak np. kora [21]. Nadleśnictwa widzą jednak w nich cenne źródło kompostu, potrzebnego do produkcji sadzonek na glebach lekkich, w miejsce torfu.

Celem przeprowadzonych badań było określenie dynamiki zmian liczebności wybranych grup mikroorganizmów oraz poziomu aktywności dehydrogenaz, zachodzących podczas kompostowania kory sosnowej, w zależności od zastosowania różnych dodatków organicznych i preparatu mikrobiologicznego Efektywnych Mikroorganizmów oraz zmian wartości pH i temperatury.

## 2. Materiał i metody

Doświadczenie założono w 2011 roku w miejscowości Świeca, należącej do nadleśnictwa Antonin, w województwie wielkopolskim. W tamtejszej szkółce leśnej usypano przyzmy kompostowe na utwardzonym, ziemnym podłożu, w terenie otwartym, każda o objętości  $4\text{m}^3$  (długość 2,5m, szerokość 1m, wysokość 0,4m). Głównym surowcem do założenia przyzm była kora sosnowa (K1), wzbogacona następującymi dodatkami: preparat mikrobiologiczny Efektywnych Mikroorganizmów firmy Greenland (EM-A)  $3\text{l/m}^3$  (K2), mocznik  $0,75\%/m^3$  (K3), zielona masa roślin ZMR 2t (K4), ZMR 2t + EM-A  $3\text{l/m}^3$  (K5), ZMR 3,5t (K6), ZMR 3,5t + EM-A  $3\text{l/m}^3$  (K7).

ZMR składała się z seradeli, gryki, wyki, peluszek i zawierała 23,4% s.m. oraz  $10,51\text{g N kg}^{-1}$  s.m., kora natomiast zawierała 42,23% s.m. oraz  $3,94\text{g N kg}^{-1}$  s.m. Kontrolę stanowiła przyzma kory sosnowej bez dodatków.

Przed założeniem przyzm, do każdej dodano  $0,3\text{kg P}_2\text{O}_5/m^3$  (superfosfat pojedynczy 20%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) oraz  $0,5\text{kg K}_2\text{O}$ / przyzmy w formie soli potasowej 60%.

Analizę fizykochemiczną podstawowych komponentów przyzm kompostowych w dniu ich założenia przedstawiono w tabeli 1.

Próbki kompostu, niezbędne do przeprowadzenia analiz mikrobiologicznych, pobierano z przyzm w pięciu terminach, w zależności od aktualnej, średniej temperatury: termin I – założenie doświadczenia, II – po 5 dniach, III – po 9 dniach, IV – po 21 dniach, V – po 72 dniach.

**Tabela 1.** Właściwości fizykochemiczne podstawowych komponentów kompostów**Table 1.** Physical and chemical properties of basic components of composts

Parametr	Jednostka	Kora sosnowa	Zielona masa roślin
odczyn	pH-H <sub>2</sub> O	5,02	6,92
sucha masa	%	42,23±1,37	23,40±2,92
materia organiczna	%	66,00±0,71	85,00±1,41
Azot ogólny	g kg <sup>-1</sup> s.m.	3,94±0,88	10,51±0,06
popiół	%	34,00±0,71	15,00±1,41

Na mikrobiologicznych podłożach wybiórczych, metodą płytkową, oznaczano liczebność jednostek tworzących kolonie (jtk) bakterii heterotroficznych mezo- i termofilnych oraz mezo- i termofilnych grzybów pleśniowych.

Liczebność bakterii mezofilnych oznaczano na agarze odżywczym, zwykłym, inkubując płytki w temperaturze 26°C przez 48 h [13]. Bakterie termofilne oznaczano na 3% agarze odżywczym. Płytki inkubowano przez 24 h w temp. 55°C [13]. Grzyby pleśniowe oznaczano na pożywce Martina po 5-dniowej inkubacji, mezofile – w temperaturze 24°C, termofilne – w 55°C [15].

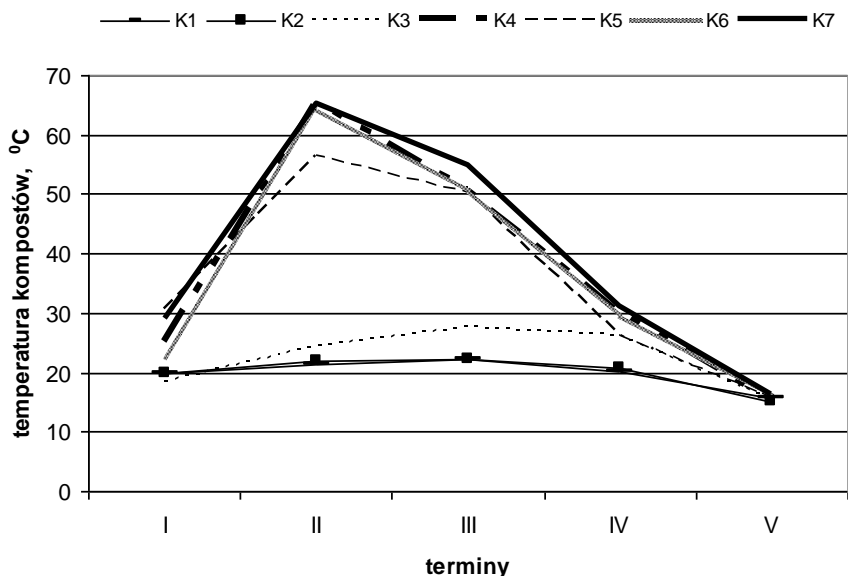
Ponadto, posługując się metodą spektrofotometryczną, w pobranych próbkach kompostowanego materiału oznaczono aktywność dehydrogenaz, używając jako substratu 1% TTC (chlorek trójfenylotetrazolu), po 4-godzinnej inkubacji w temperaturze 30°C, przy długości fal 485 nm. Aktywność kompleksu enzymów wyrażono w  $\mu\text{mol TPF g}^{-1}$  s.m. kompostu 4 h<sup>-1</sup> [22].

Zastosowane w doświadczeniu analizy statystyczne wykonano w programie Statistica 9.1 [18].

### 3. Wyniki i dyskusja

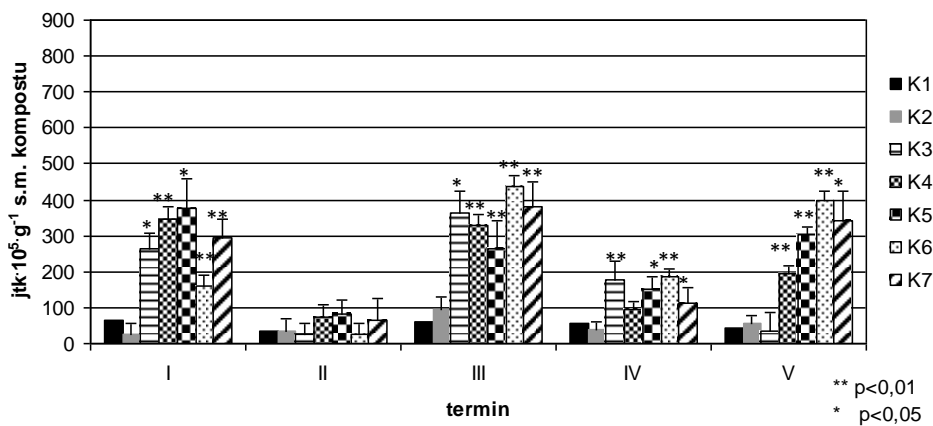
Jednym z podstawowych parametrów wpływających na stan populacji mikroorganizmów w kompostowanej przymie jest temperatura. Od powyższego czynnika zależy nie tylko liczebność drobnoustrojów, ale również sukcesja następujących po sobie grup mikroorganizmów, co ma odzwierciedlenie w przebiegu tempa wielu procesów mikrobiologicznych [4].

Analizując pomiary temperatur w kompostowanych pryzmach materii organicznej, stwierdzono w większości z nich znaczne różnice pomiędzy kolejnymi etapami kompostowania (rys. 1).



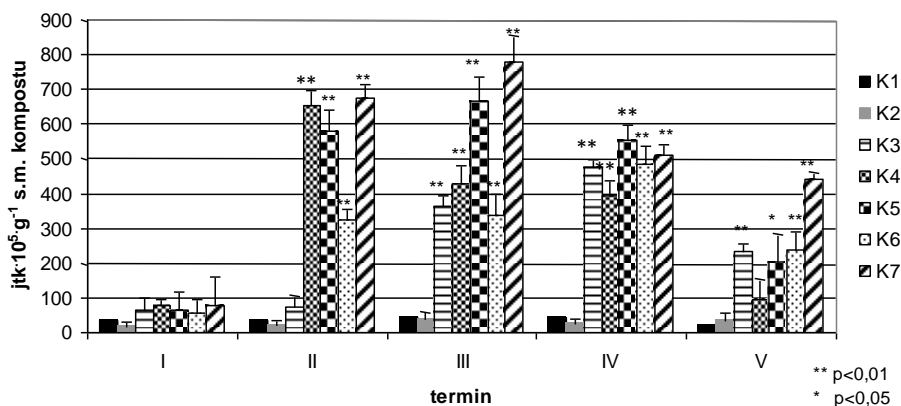
**Rys. 1.** Zmiany temperatury podczas procesu kompostowania  
**Fig. 1.** The changes of temperature during composting

Zmienność temperatur w objętości materiału organicznego poddanego procesowi kompostowania jest typowym zjawiskiem obserwowanym w tym procesie [1, 16, 17]. Uzyskane wyniki badań mikrobiologicznych wskazują, że zmienność temperatury kompostowania kory sosnowej powodowała najprawdopodobniej zmiany liczebności bakterii mezo- i termofilnych (rys. 2 i 3). Zależność ta jest szczególnie widoczna w kombinacjach kory z dodatkiem zielonej masy roślin (ZMR). Po 5 dniach od założenia doświadczenia w pryzmach wzbogacanych ZMR (K4–K7) zanotowano wyraźny wzrost temperatury, osiągającej poziom ok. 68°C. Termin ten okazał się fazą termofilną analizowanych pryzm. W okresie tym zanotowano istotny wzrost liczebności bakterii termofilnych, szczególnie w kombinacjach z ZMR, który był średnio 5-ciokrotnie większy w porównaniu do kompostów nie wzbogacanych ZMR. Natomiast liczebność bakterii mezofilnych w tej fazie osiągnęła najniższy poziom.



**Rys. 2.** Liczebność bakterii mezofilnych w kompostach

**Fig. 2.** The number of mesophilic bacteria in composts



**Rys. 3.** Liczebność bakterii termofilnych w kompostach

**Fig. 3.** The number of thermophilic bacteria in composts

Błaszczyk [2] podaje, że osiągnięcie temperatury  $45^{\circ}\text{C}$  w kompostowanym materiale powoduje zahamowanie aktywności mikroflory mezofilnej, ostatecznie w wyniku denaturacji białek dochodzi do lizy komórek bakterii, a pozostają jedynie termooporne formy przetrwalne.

Zdaniem De Bertoldiego i in. [6] wzrastająca w czasie procesu kompostowania temperatura powoduje znaczne zmniejszenie liczebności bakterii mezofilnych, a dalszy rozwój mikroflory kompostów uzależniony jest od dostępności tlenu.

Jednak tak wyraźnego wzrostu liczebności bakterii termofilnych w II terminie doświadczenia nie zaobserwowano w kompostach sporządzonych wyłącznie z kory sosnowej lub wzbogaconej wyłącznie preparatem EM lub mocznikiem. Sama kora sosnowa ze względu na swoje właściwości związane ze składem chemicznym, należy do materiałów trudno degradowanych. Ze względu na duże nasycenie substancjami utrudniającymi wzrost niektórych drobnoustrojów, stanowi naturalną barierę ochronną rośliny. Ponadto, wysoki stosunek węgla do azotu zawartego w korze sosnowej wymaga podczas kompostowania dostarczenia go z zewnątrz. Najprawdopodobniej dodatek mocznika okazał się niewystarczający w stosunku do wysokiej zawartości C. Skutecznym zabiegiem okazał się natomiast dodatek ZMR, szczególnie ilość 3,5 t w połączeniu z 3 l EM-A. Podaje się, że preferowany stosunek C/N w kompostowanym materiale powinien wynosić 25:1 do 30:1, natomiast szacowany stosunek C/N w drewnie miękkim wynosi 641.

Ponadto w przyzmacz kontrolnej oraz wzbogaconej wyłącznie EM-A zanotowano niski poziom pH ok. 4,5 na przestrzeni całego doświadczenia, co jest niewątpliwie czynnikiem ograniczającym rozwój bakterii. Jednak Kunicki-Goldfinger [14] informuje, że poziom pH nie zawsze musi wpływać na liczebność bakterii, a jedynie może mieć wpływ na ich procesy metaboliczne, związane z produkowaniem i wydzielaniem zewnątrzkomórkowo pewnych grup związków. Jednak wzrost pH, szczególnie w III i IV terminie mógł być z pewnością dodatkowym czynnikiem sprzyjającym rozwojowi bakterii.

Utrzymująca się wysoka temperatura (ok. 51°C) w III terminie doświadczenia powodowała nie tylko utrzymanie na wysokim poziomie liczebności bakterii termofilnych (również w kombinacji z mocznikiem), ale także, co interesujące, istotny wzrost liczebności bakterii mezofilnych w porównaniu do poprzedzającego terminu we wszystkich przypadkach kory wzbogaconej dodatkami azotu. Efekt ten nie do końca jest zgodny z danymi książkowymi oraz z badaniami Wonga i Fanga [26], którzy dowodzą, że dopiero obniżenie temperatury kompostowanego materiału do 45°C powoduje ponowną dominację bakterii mezofilnych. Zaistniała sytuacja może być efektem pojawienia się form mezofilnych o wysokim zakresie maksimum temperaturowego.

W kolejnych terminach obserwowany spadek temperatur był efektem stopniowego zmniejszania się liczebności bakterii termofilnych,

natomiast uśredniona liczebność bakterii mezofilnych w IV terminie uległa obniżeniu, po czym w V terminie ponownie wzrosła i kształtowała się na podobnym poziomie do I fazy mezofilnej. Powodem tego zjawiska mogła być jeszcze znaczna dostępność nie do końca rozłożonej materii organicznej lub metabioza, powodująca pojawienie się produktów metabolizmu innych grup drobnoustrojów, będących czynnikiem aktywującym analizowaną grupę bakterii.

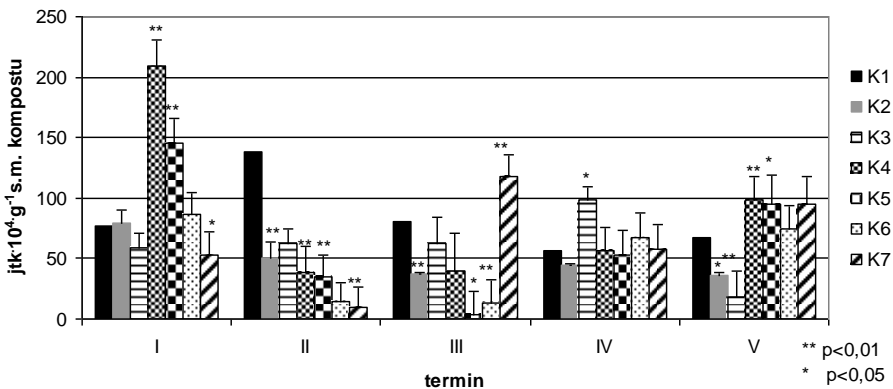
Zanotowana wysoka liczebność bakterii mezofilnych w pierwszym terminie doświadczenia potwierdza doniesienia innych autorów o dominacji tej grupy drobnoustrojów w rozkładzie świeżej materii organicznej [2, 10]. W skład mikroflory mezofilnej na początku kompostowania wchodzi bakterie, będące saprofitami roślin oraz odpadów stanowiących bazę kompostów. Do przeważających rodzajów należą *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Streptomyces*, *Propionibacterium*, *Pseudomonas* oraz *Bacillus*.

Analizując zmiany liczebności grzybów mezofilnych (rys. 4) w I terminie zaobserwowano wysoce istotny wzrost ich liczebności względem kontroli jedynie w przyzmacach K4 i K5. Znaczący wzrost temperatury w II i III terminie doświadczenia spowodował radykalny spadek ich liczebności w zastosowanych kombinacjach, za wyjątkiem kontroli. Dopiero kolejne fazy schładzania i dojrzewania kompostu spowodowały wzrost poziomu omawianych drobnoustrojów. Wyniki te są zbieżne z uzyskanymi przez Ryckebojera i in. [20], którzy donoszą o zmniejszeniu się liczebności grzybów mezofilnych w fazie termofilnej i ponownym jej wzroście w efekcie stopniowego obniżania się temperatury. Potwierdzają to badania Wolnej-Marutki i Sawickiej [25] oraz Wielanda i Sawickiej [24], którzy informują, że najbardziej optymalną temperaturą dla rozwoju grzybów pleśniowych jest temperatura poniżej 45°C, które nie tylko prowadzą do rozkładu złożonych polimerów, ale również są źródłem enzymów niezbędnych syntezy odpowiednich frakcji humusu oraz antybiotyków stabilizujących skład jakościowy zasiedlającej mikroflory towarzyszącej.

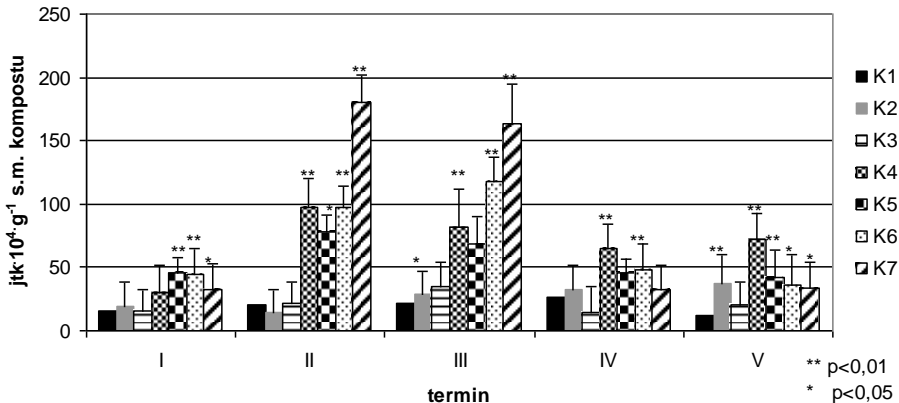
W porównaniu do grzybów mezofilnych zaobserwowano odwrotną tendencję zmian liczebności grzybów termofilnych (rys. 5). Początkowo niewielka ich liczebność w fazie mezofilnej była średnio czterokrotnie niższa w kompoście K4 i dwukrotnie niższa w K5 w porównaniu do grupy mezofilnej. Jednak znaczne podwyższenie temperatury w fazie termofilnej spowodowało wysoce istotny wzrost ich liczebności, szczególnie w kom-



binacjach wzbogaczonych ZMR, co należy podobnie tłumaczyć jak w przypadku bakterii, obniżeniem stosunku C/N, po dodaniu zielonej masy roślin motylkowatych. Wyniki te pozostają sprzeczne z doniesieniami Błaszczyka i Fit [3], którzy informują, że w temperaturze powyżej 55,6°C zamiera większość grzybów pleśniowych, a przeżywają jedynie wybrane gatunki *Aspergillus*, *Chaetomium* i *Talaromyces*. Dopiero obniżenie temperatury w IV i V terminie doświadczenia znalazło odbicie w obniżającej się liczbie grzybów termofilnych, choć ich liczebność względem kontroli różniła się istotnie w większości kombinacji doświadczalnych.

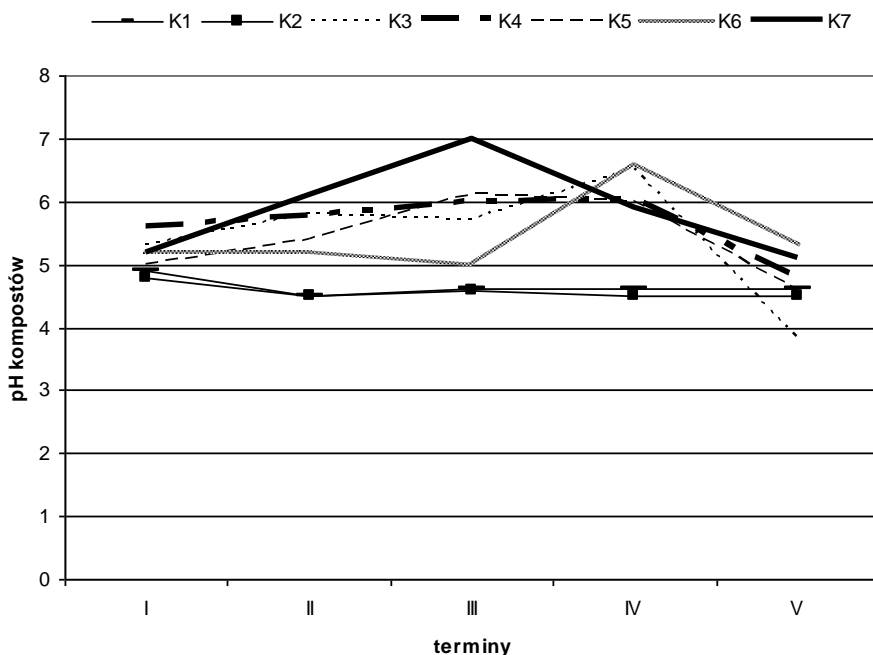


Rys. 4. Liczebność grzybów mezofilnych w kompostach  
 Fig. 4. The number of mesophilic fungi in composts



Rys. 5. Liczebność grzybów termofilnych w kompostach  
 Fig. 5. The number of thermophilic fungi in composts

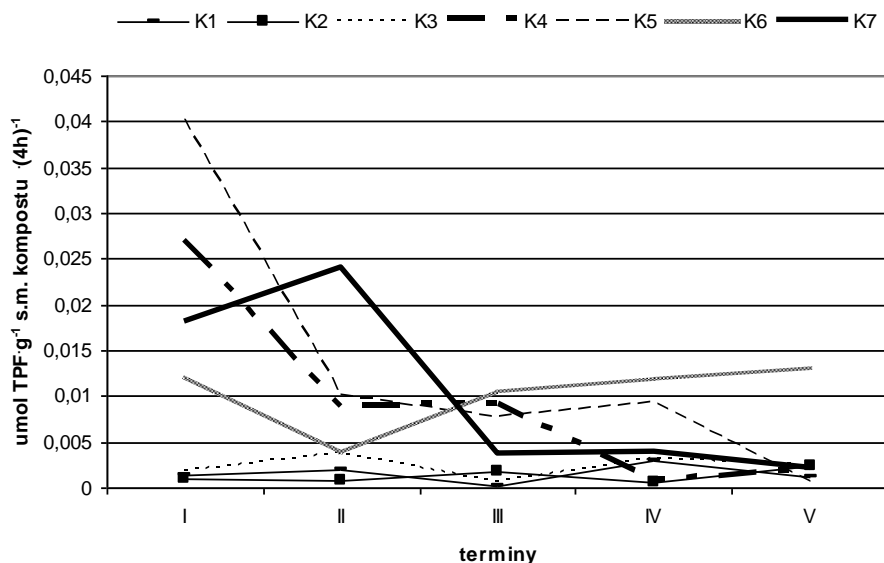
Na znaczący udział grzybów w procesie kompostowania kory sosnowej zapewne miał również wpływ dość niski odczyn pH, kształtujący się średnio na poziomie 4,5–5,5, stanowiąc tym samym optymalne środowisko dla rozwoju tej grupy drobnoustrojów (rys. 6).



**Rys. 6.** Zmiany pH podczas procesu kompostowania

**Fig. 6.** The changes of pH during composting

Analizując zmiany aktywności mikrobiologicznej mikroflory zasiedlającej przymy poddane kompostowaniu zanotowano w dniu założenia doświadczenia (I termin) najwyższe wartości aktywności dehydrogenaz w kompostach K5–K7 (rys. 7). Również stosunkowo wysoką aktywnością charakteryzował się kompost K4. Natomiast II termin związany z przejściem kompostów K4–K7 w fazę termofilną spowodował znaczny spadek aktywności omawianego kompleksu enzymatycznego. Jedynie w kompoście z dodatkiem ZMR i EM-A w najwyższych dawkach, doszło do wzrostu aktywności badanych enzymów. Kolejne terminy analiz charakteryzowały się w omawianych kombinacjach spadkiem aktywności enzymatycznej.



**Rys. 7.** Zmiany aktywności dehydrogenaz podczas procesu kompostowania  
**Fig. 7.** The changes of dehydrogenase activity during composting

W przypadku kompostów K1–K3 w czasie całego przebiegu doświadczenia odnotowano bardzo niski poziom aktywności dehydrogenaz (bliski 0). Tak niski poziom aktywności enzymatycznej mógł być spowodowany trudnym dostępem do degradowanej materii organicznej oraz niekorzystnym stosunkiem C/N.

#### 4. Wnioski

1. Dodatki do kompostowanej kory sosnowej za wyjątkiem wyłącznie preparatu EM-A wpływały stymulująco na wzrost liczebności populacji bakterii mezo- i termofilnych w kompostowanych przyzmacach.
2. Zmiany temperatury podczas procesu kompostowania miały istotny wpływ na zmiany liczebności zarówno grzybów mezo- i termofilnych jak i bakterii.
3. W większości analizowanych terminów największą liczebność bakterii i grzybów termofilnych odnotowano w kombinacji kory sosnowej wzbogaconej w najwyższe dawki ZMR i EM-A.
4. Aktywność kompleksu dehydrogenaz nie wzrastała wraz ze wzrostem liczebności analizowanych grup drobnoustrojów.

*Finansowane w ramach projektu badawczego NR 3055/B/P01/2011/40 61/2011/GW „Kompostowanie kory sosnowej z zieloną masą roślin, jako alternatywnym źródłem azotu w warunkach ograniczonego dostępu do odpadów biodegradowalnych” 2011–2014.*

## Literatura

1. **Amner W., McCarthy A.J., Edwards C.:** *Quantitative assessment of factors affecting the recovery of indigenous and release thermophilic bacteria from compost.* App. Environ. Microbiol., 54, 3107–3112 (1988).
2. **Błaszczuk M.:** *Mikroorganizmy w ochronie środowiska.* PWN, Warszawa, 2007.
3. **Błaszczuk M., Fit M.:** *Sukcesja mikroorganizmów w czasie kompostowania odpadów organicznych.* Materiały VII Konferencji Naukowo-Technicznej. Woda-ścieki-odpady w środowisku. Biologiczne przetwarzanie stałych odpadów organicznych. Zielona Góra, 9–11 (2004).
4. **Brinton W.F., Droffner M.W.:** *Evidence for the prominence of well characterized mesophilic bacteria in thermophilic (50–70°C) composting environments.* Biomass Energy, 8, 3–7 (1995).
5. **Czyżyk F., Kuczevska M., Sieradzki T.:** *Wstępne wyniki badań kompostowania płynnych osadów ściekowych ze słomą.* Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 475, 263–269 (2007).
6. **De Bertoldi M., Vallini G., Pera A.:** *The biology of composting a review.* Waste Manag. Res., 1, 157–176 (1983).
7. **Debosz K., Petersem S.O., Kure L.K., Ambus P.:** *Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties.* App. Soil Ecology, 19, 237–248 (2002).
8. **Gambuś F., Wieczorek J.:** *Skład chemiczny i wartość nawozowa kompostów i wermikompostów z osadów ściekowych nadmiernie zanieczyszczonych metalami ciężkimi.* Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 467, 513–520 (1990).
9. **Hargreaves J.C., Adl M.S., Warman, P.R.:** *A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture.* Agric, Ecosys. and Environ., 123, 1–14 (2008).
10. **Hassen A., Belguith K., Jedidi N., Cherif A., Cherif M., Boudabous A.:** *Microbial characterization during composting of municipal solid waste.* Bioresour. Technol., 80, 768–777 (2001).
11. **Iżewska A.:** *Wpływ nawożenia obornikiem, osadem ściekowym i kompostem z osadów ściekowych na właściwości gleby.* Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 518, 85–92 (2007).
12. **Jordão C.P., Nascentes C.C., Cecon P.R., Fontes R.L.F., Pereira J.L.:** *Heavy metal availability in soil amended with composted urban solid wastes.* Environmental Monitoring and Assessment, 112, 309–326 (2006).

13. **Kańska Z., Grabińska-Loniewska A., Lebkowska M., Żechowska E.:** *Ćwiczenia laboratoryjne z biologii sanitarnej*. Oficyna Wydaw. PW. Warszawa, 2001.
14. **Kunicki-Goldfinger W.J.H.:** *Życie bakterii*. PWN, Warszawa, 1998.
15. **Martin J. P.:** *Use of acid, rose bengal and streptomycin In the plate method for estimating soil fungi*. *Soil Sci.*, 69, 215–232 (1950).
16. **Ma Z., Zhang J.Y., Wong M.H.:** *Microbial activity during composting of anthracene-contaminated soil*. *Chemosphere*, 52, 9, 1505–1513 (2003).
17. **McKinley V.L., Vestal R.:** *Biokinetic analyses of adaptation and succession: microbial activity in composting municipal sewage sludge*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 47, 933–941 (1984).
18. **Ott L.:** *An introduction to statistical methods and data analysis*. PWS Publishers, Boston, 1984.
19. **Rosik-Dulewska Cz., Karwaczyńska U., Ciesielczuk T.:** *Możliwość wykorzystania odpadów organicznych i mineralnych z uwzględnieniem zasad obowiązujących w ochronie środowiska*. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection)*, 13, 361–376 (2011).
20. **Ryckeboyer J., Mergaert J., Vaes K., Klammer S., Clercq D., Coosemans J., Insam H., Swings J.:** *A survey of bacteria and fungi occurring during composting and self-heating processes*. *Annals of Microbiol.*, 53, 4, 349–410 (2003).
21. **Sidelko R., Seweryn K., Walendzik B.:** *Optymalizacja procesu kompostowania w warunkach rzeczywistych*. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection)*, 13, 681–692 (2011).
22. **Thalmann A.:** *Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenase Aktivität in Boden Mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC)*. *Landwirtsch. Forsch.*, 21, 249–258 (1968).
23. **Weber J., Karczewska A., Drozd M., Licznar M., Licznar S., Jamroz E., Kocowicz A.:** *Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts*. *Soil Biol. Biochem.*, 39, 1294–1302 (2007).
24. **Wieland E., Sawicka A.:** *Przemiany mikrobiologiczne w systemie SDE*. *Przegląd Komunalny*, 12, 111, 53–59 (2000).
25. **Wolna-Maruwka A., Sawicka A.:** *Ocena stanu mikrobiologicznego i biochemicznego osadu ściekowego poddanego procesowi kompostowania w warunkach kontrolowanych*. *Ekologia i Technika*, XVI, 5A, 190–194 (2008).
26. **Wong J.W.C., Fang M.:** *Effects on lime addition on sewage sludge composting process*. *Water Res.*, 34, 15, 3691–3698 (2000).

## **Assessment of the Impact of Enriching Additives in Composted Pine Bark on the Number of Bacteria and Fungi and Their Enzymatic Activity**

### **Abstract**

In the composting process, microorganisms meet the primary role of which is related to the metabolic activity of the process of synthesis of humus. Properly made compost is characterized by a large value of fertilizer, often exceeding the fertilizer value of manure. However, in the production of compost main objective is to optimize the conditions of this process. The aim of this study was to determine the dynamics of changes in the number of selected groups of microorganisms and dehydrogenase activity levels occurring during the composting of pine bark, depending on the application of different organic additives and microbiological preparation and changes in pH and temperature. The experiment was established in 2011 in the Forest District Antonin in Wielkopolska. Composting was carried out in seven piles of pine bark supplemented with different doses of green mass of legumes, Effective Microorganisms solution and urea. During the composting process, samples were taken five times for microbiological analysis. It were analyzed number of mesophilic and thermophilic bacteria and fungi on selective substrates. Isolated colonies were used to determine the total number of tested microorganisms. Furthermore, were tested the enzymatic activity of microorganisms, determining the activity of the dehydrogenase, using the spectrophotometric method with TTC as a substrate. Also were analyzed the impact of differences in the composition of compost on the growth of microorganisms. The following terms were also tested the pH level and the temperature of the windrows. It was found that additives composted pine bark with the exception only of the preparation EM-A stimulating influence on the population growth of bacteria meso- and thermophilic composting in windrows. A particularly preferred combination proved to be a combination of the green mass of the plant with solution of Effective Microorganisms. Changes in the number of analyzed groups of microorganisms also fundamentally affect temperature changes during the composting process. During the high temperature composting piles was observed in a significant increase in the number of thermophilic bacteria and fungi. In most of the analyzed terms the largest number of thermophilic bacteria and fungi was observed in combination of pine bark, and extended to the highest dose of the green mass of the plants and EM-A. Dehydrogenase complex activity did not increase with the increase in the number of analyzed groups of microorganisms.